



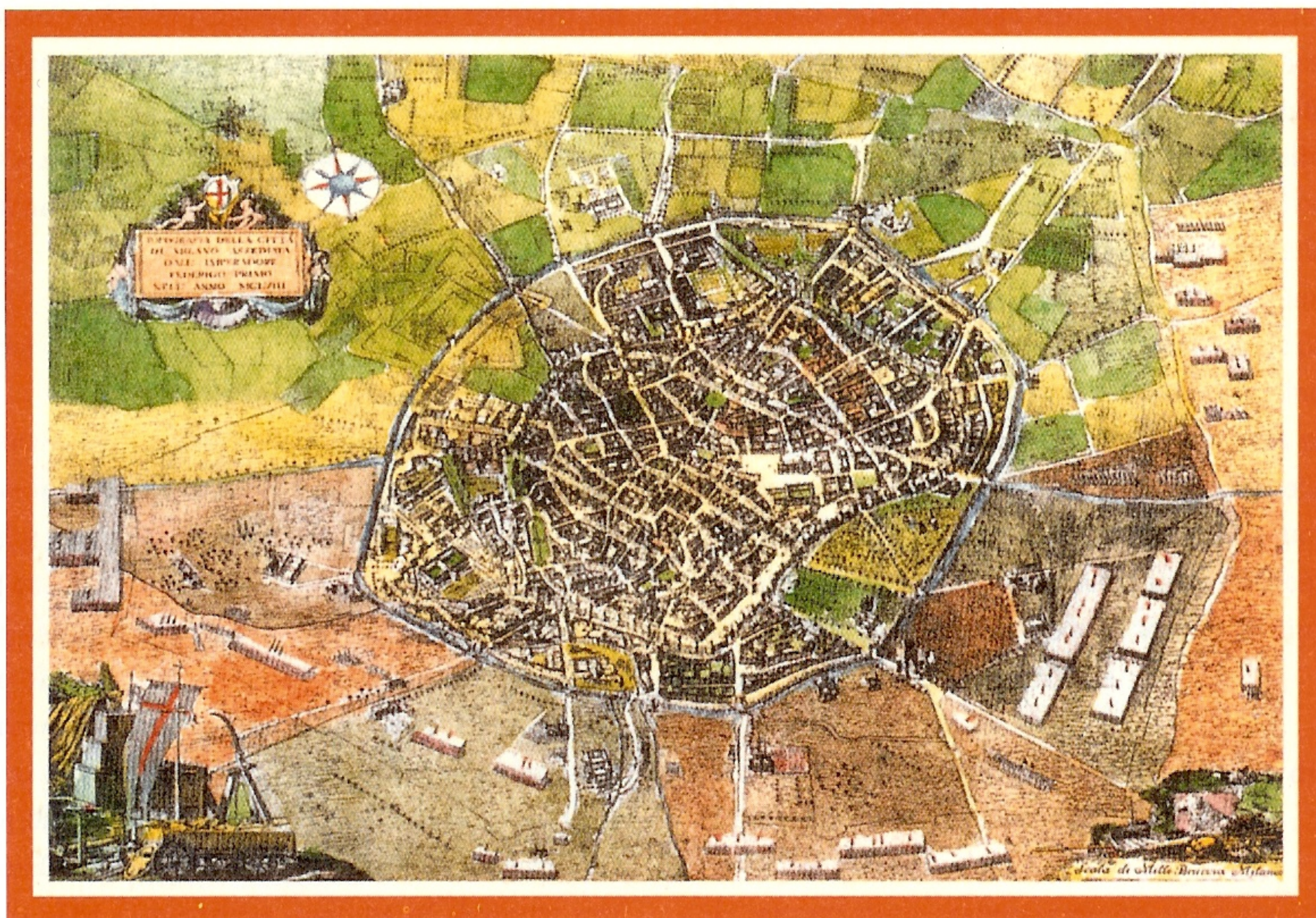
collegio dei tecnici della industrializzazione edilizia

atti del 10° congresso cte

sulla

nuova tecnologia edilizia per l'europa

milano 3-4-5 novembre 1994



a cura della segreteria cte

COMPORTAMENTO ED ANALISI TEORICA SPERIMENTALE DI ELEMENTI DI COPERTURA (COPPELLE) IN C. A. SCHEMATIZZATE A GRATICCIO

FRANCESCO CANTONI. GIACOMO FERRARI

Ricercatori CNR

FILIBERTO FINZI. Libero Professionista in Milano

Sommario

Nel presente lavoro si esamina il comportamento di elementi in c.a. autoportanti prodotti come prototipi di una possibile produzione di serie; sono state eseguite prove, nell'ambito di una possibile omologazione, in fase elastica, a rottura e di comportamento viscoso per determinare il coefficiente di sicurezza. L'elemento è stato schematizzato a graticcio per ottenere la modellazione teorica ritenuta più reale e permettere il confronto tra i parametri di calcolo e quelli ottenuti sperimentalmente in determinate condizioni di vincolo e di caratteristiche dei materiali. L'analisi comparativa dei risultati teorici - sperimentali ha fornito un ulteriore elemento di giudizio per la valutazione della qualità dell'oggetto e sul possibile impiego in opera dell'eventuale produzione in serie.

Summary

In this work we tested the behaviour of self-supporting elements in reinforced concrete produced as prototypes in view of a possible mass-production; the tests were carried on, within the limits of a possible law-ratification, in the elastic state, until failure, and for control of the creep to fix the "safety" coefficient.

The specimen had been devised as "grid" to allow the most real modelling and to carry out the comparison between the same parameters taken experimentally for fixed conditions of restraint and characteristics of the materials. The comparative analysis of theoretic and experimental results gives a element further for evaluation of the quality of the specimen and for its possible use in works of the expected mass-production.

Premessa e scopi

Nell'ambito delle tipologie strutturali degli elementi bidimensionali in c.a. destinati alla realizzazione di coperture piane hanno trovato impiego i pannelli nervati alleggeriti composti da una idonea sezione in rilievo sagomata in modo da avvolgere tutta l'armatura ordinaria a traliccio, disposta questa ultima perimetralmente ed internamente al pannello con una orditura rettangolare lungo le due direzioni principali e completati da una sottostante suola di calcestruzzo (fig. 1) conglobante tutta la superficie del manufatto. Tale tipologia costruttiva, dei pannelli di copertura piana normalmente indicati con l'appellativo di "coppelle", ha destato un particolare interesse strutturale dovuto alla disposizione delle armature principali nelle due direzioni ortogonali che ha rappresentato una evoluzione della idealizzazione del normale solaio verso degli schemi strutturali più aderenti alle reali condizioni di impiego e di comportamento in opera (graticcio o piastra sottile). Le considerazioni precedenti unite alla disponibilità espressa da una società di prefabbricazione che ha fornito la progettazione e la produzione di una serie limitata di elementi industrializzati tipo "coppella" ha indotto gli autori ad analizzare sperimentalmente e teoricamente il comportamento strutturale di coppelle schematizzabili a graticcio che potrebbero rappresentare possibili scelte produttive. In previsione di un futuro sviluppo produttivo industrializzato, l'elemento strutturale "coppella" è stato realizzato, a livello di un significativo numero di prototipi rappresentativi di due distinte serie produttive di manufatti, in un'unica forma geometrica e dimensionale (fig. 1) diversificato nei contenuti di armatura principale come indicato in tab. 1 e nella qualità del calcestruzzo componente. Si è quindi effettuato uno studio comparativo fra la risposta strutturale degli elementi alla azione dei carichi ed il modello teorico di simulazione della schematizzazione adottata.

Attrezzature e dispositivi della catena di misura impiegati per le prove

L'attrezzatura, espressamente predisposta per la sperimentazione condotta sulle coppelle, sinteticamente si componeva di un dispositivo di carico realizzato tramite un anello di contrasto formato da un telaio chiuso

di travi HEB a traversi regolabili, telaio idoneamente zavorrato a terra e predisposto, sul traverso superiore, di dispositivi per l'alloggiamento, la regolazione ed il fissaggio del martinetto di generazione del carico.

La forza è stata realizzata per contrasto tra le estremità dell'unione della piastra scorrevole di sostegno del martinetto alle ali inferiori del traverso superiore e l'elemento in prova nel punto baricentrico scelto per l'applicazione della forza, carico che nell'impiego specifico di generatore della azione di caricamento sulle coppelle testate è stato ottenuto utilizzando un martinetto a doppio effetto da 200 KN della General Hydraulic con relativa centralina idraulica di pompaggio.

La catena di misura, per la rilevazione della forza istantaneamente agente durante la fase di carico su ogni singolo elemento bidimensionale testato nel ciclo sperimentale condotto, è stata realizzata con singole unità funzionali connesse elettricamente e preliminarmente sottoposte a una procedura di bilanciamento e calibrazione per la trasformazione del segnale elettrico nella grandezza metrica della unità di forza scelta per la valutazione delle azioni applicate agli elementi sottoposti di volta in volta a prova.

Sinteticamente riepilogando, per gli scopi previsti, sono state utilizzate le unità funzionali qui di seguito elencate:

a) cella di carico HBM tipo C1 da 300 KN meccanicamente installata con flangia sulla testata del pistone del martinetto,

b) unità di misura digitale HBM per l'amplificazione e la compensazione del segnale elettrico del trasduttore nel punto di misura, modello DK 38 con porta di comunicazione parallela IEEE 488,

c) unità di avviamento ed acquisizione dati Hewlett Packard HP 85 con porta di comunicazione IEEE 488 per la gestione di tutte le fasi di attivazione e funzionamento della catena di misura per la rilevazione delle forze.

Preminenti considerazioni di carattere organizzativo temporale hanno determinato la scelta di una metodologia di misura degli spostamenti di tipo tradizionale, attuata come misura, in due punti diametralmente opposti all'asse trasversale della coppella tramite l'impiego di comparatori centesimali.

Ogni coppella, disposta orizzontalmente è stata posizionata nella sua sede per riscontro con i bordi superiori delle estremità di due travi principali di sostegno indeformabili; le travi realizzanti gli appoggi di estremità sono state espressamente predisposte, secondo la effettiva modalità di montaggio degli elementi di copertura.

La disposizione degli elementi travi monodimensionali configura un piano di posa che realizza, per l'elemento bidimensionale, coppella da posizionare lungo i contorni nervati dei suoi due lati minori opposti, un semplice appoggio per contatto delle estremità; il vincolo così ottenuto è del tipo a semplice appoggio per contatto diretto con sovrapposizione dei rispettivi bordi superiori ed inferiori della unione trave - coppella, unione sviluppantesi complessivamente per 250 cm su ogni lato opposto del contorno, dimensionalmente corrispondente alla larghezza della coppella; a montaggio avvenuto, con la posa della coppella nella propria sede, longitudinalmente si realizza una luce netta di cm 420.

Sperimentazioni ed indagini condotte sul modello fisico

Nella fase sperimentale di analisi empirica del comportamento del modello fisico, sono state complessivamente effettuate prove di carico di breve durata su sei elementi orizzontali nervati tipo "coppella". Gli elementi utilizzati come prototipi di serie, identici per forma e dimensioni ma singolarmente armati da tralicci di acciaio con filo elementare superiore ed inferiore di differente diametro come riportato in Tab. 1, nel corso delle prove sono stati portati a collasso per incremento di carico secondo il previsto schema di simulazione delle azioni prodotte dalle forze verticali e di conduzione delle prove di rottura.

I carichi sono stati applicati alle coppelle in corrispondenza delle due nervature dei traversi agendo su quattro punti simmetrici rispetto agli assi longitudinale e trasversale dell'elemento (come avviene nella realtà, caricando la copertura di fibrocemento sui traversi nervati con regoli di calcestruzzo) previa predisposizione ed inserimento di un bilancino di 4+1 travi in ferro del tipo riportato in fig 2, bilancino a cui era affidata la funzione di riportare il carico, trasmesso dal martinetto tramite la cella di

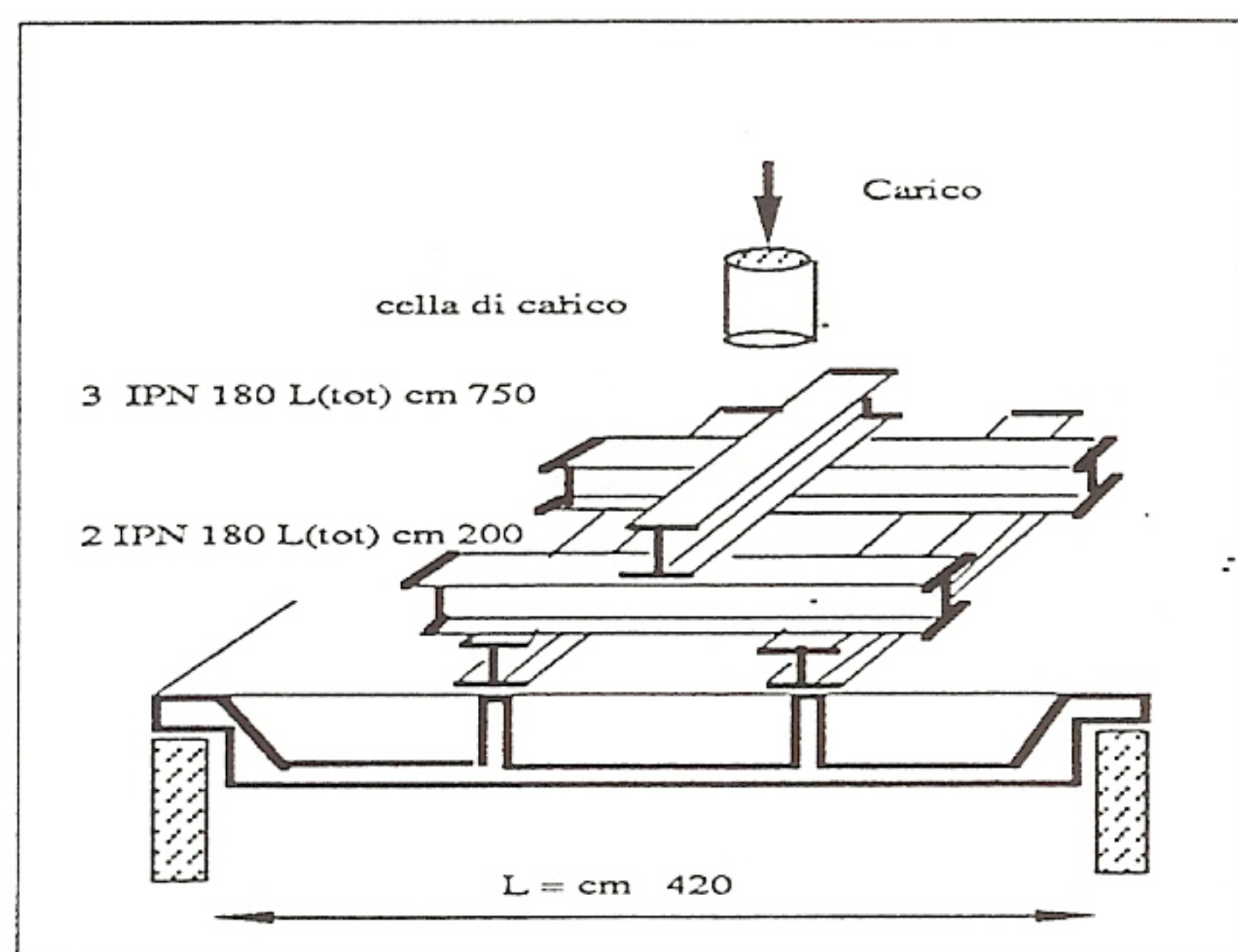


Fig. 2 Schema delle azioni di carico sull' elemento

carico, sui traversi distribuendo il carico in modo da ottenere una suddivisione della forza totale P in una azione puntuale di $P/4$ applicata in corrispondenza dei quattro punti di articolazione del bilancino situati in prossimità dei quattro ganci di sollevamento incorporati nelle nervature del manufatto.

Il peso proprio calcolato del sistema, da aggiungere come tara alla lettura della unità di misura delle forze HBM DK 38 è stato stimato in 250 daN.

Tutti gli elementi campione sono stati sottoposti ad una verifica della qualità del calcestruzzo tramite una indagine sclerometrica condotta sulle superfici dei manufatti in calcestruzzo ed attuata con misure dell'indice di rimbalzo operando secondo la UNI 9189 con uno sclerometro scrivente tipo Schmidt modello N dotato di curva sperimentale standard di correlazione tra resistenza del calcestruzzo ed indice di rimbalzo. Congiuntamente alle sopra descritte prove distruttive realizzate con carichi istantanei di breve durata agenti su ogni singolo elemento armato come precedentemente indicato in tab. 1 e formato da calcestruzzo con età di maturazione di due mesi,

N. Prototipo	Φ sup	Φ inf
1	1 ϕ 6	1 ϕ 8
2	1 ϕ 6	1 ϕ 8
3	1 ϕ 6	1 ϕ 8
4	1 ϕ 12	1 ϕ 10
5	1 ϕ 12	1 ϕ 10
6	1 ϕ 6	1 ϕ 12

Tab. 1. Armatura principale dei prototipi

sono state ulteriormente predisposte prove di carico di lunga durata, protrattesi per 270 giorni per evidenziare e misurare i parametri di creep, su una serie di tre coppelle del tutto simili, per armatura, classe di resistenza del calcestruzzo e dimensioni, ai primi tre prototipi.

Tale tipo di sperimentazione, mirato alla valutazione della variazione della freccia in mezzzeria in funzione del tempo quando negli stessi istanti sull' elemento è agente un carico costante equivalente alla effettiva storia di carico prodotta dalle azioni permanenti e variabili, è stata condotta con l' intento di attuare operativamente e di verificare quanto richiesto dalla attuale normativa (D.M. 14 febbraio 1992 punti 4.3.1 e 7.3.2 voce b) che pone limitazioni alla freccia al tempo infinito sugli elementi per solai e che tende quindi ad evidenziare gli effetti conseguenti dalle deformazioni differite del calcestruzzo e più specificatamente dalla viscosità di questi. Notoriamente, per questo tipo di prove assume una rilevanza non trascurabile la scelta del tempo t_0 di maturazione del calcestruzzo dall'istante di applicazione del carico di lunga durata e secondariamente l'intensità dello stesso carico che dovrebbe produrre, secondo la vigente normativa, sollecitazioni $\leq 0,3 R_{ck}$. Relativamente alla prima esigenza, si è convenuto di eseguire tutte le prove di carico (di breve e di lunga durata) su elementi di calcestruzzo con età di maturazione pari a due mesi, mentre per la scelta del carico da applicare alla prova di lunga durata si è stabilito di applicare un carico equivalente al sovraccarico da neve (60 daN/mq) oltre il peso di una lastra di fibrocemento (20 daN/mq) prevista per una applicazione normale della coppella nell' ambito del l' esclusiva funzione di elemento di copertura. La forza risultante equivalente alle azioni considerate è risultata pari ad un carico concentrato di 775 daN; la fig 10 indica ed illustra le modalità procedurali seguite nella conduzione della prova di carico di lunga durata.

Nella fase finale della sperimentazione, i ridotti spessori delle nervature delle coppelle, hanno determinato la necessità di dedicare una particolare attenzione ai fenomeni di carbonatazione del calcestruzzo, sono state quindi condotte, su frammenti di coppelle vecchie di due mesi circa e su frammenti di coppelle vecchie di un anno, misure di profondità del fronte di carbonatazione secondo modalità conformi alla bozza di norma AFNORM relativa a questo specifico argomento.

Risultati sperimentali e analitici

Il comportamento sperimentale alle azioni dei carichi di breve durata, agenti sulle sei coppelle utilizzate come modello fisico per la valutazione della capacità portante e della deformabilità misurata in termini globali dai valori assunti dalle frecce dall'elemento in prova sotto un carico incrementato sino al collasso, è espresso dai risultati ottenuti riassunti nelle tab. 2 e 3.

Congiuntamente ai dati sperimentali sono presentati i risultati più significativi di una analisi numerica di calcolo elastico lineare condotta schematizzando l'elemento bidimensionale "coppella" con i suoi vincoli a terra in un modello equivalente ad un graticcio piano di travi nelle stesse condizioni dei vincoli esterni e internamente formato da aste con caratteristiche inerziali dei momenti principali I_x, I_y pari a quelle possedute dalle diverse sezioni delle nervature dell'elemento "coppella". Il modello teorico è stato compiutamente definito con l'assegnazione delle costanti elastiche del

"materiale calcestruzzo" idealizzato per la costituzione delle aste; in mancanza di una determinazione diretta, i valori di riferimento assunti per caratterizzare elasticamente il materiale sono stati: modulo elastico normale $E = 300000 \text{ daN/cm}^2$, modulo di elasticità tangenziale $G = 125000 \text{ daN/cm}^2$ e modulo di contrazione trasversale o modulo di Poisson $1/\mu = 0,2$. L'indagine analitica, eseguita utilizzando un programma di calcolo automatico, ha permesso di tracciare, per la schematizzazione a graticcio adottata (fig. 7), le curve carico totale P ($P/2 + P/2$ forze agenti sulle aste trasversali interne del graticcio) spostamenti punti nodali (identici in valore per i quattro punti nodali interni) simmetrici rispetto al carico P , nei due casi di nodi a terra incastrati e di nodi a terra sbloccati nella direzione x e y del sistema di riferimento principale definito nel piano contenente il graticcio, tali curve sono state indicate nei grafici di comparazione con le diverse soluzioni sperimentali, rappresentate, in funzione delle diverse tipologie produttive delle coppelle, rispettivamente nei corrispondenti diagrammi delle figure 3 e 4.

Valori sperimentali			
N° prot.	Carico P (sulla Cella) daN	Freccia mm	Note
1	0	0	(A) Fessure simmetriche e perdita di carico
	250	3	
	750	11	
	1250	15	
	2250	40	
	2250	47	Si rompe il cls. sotto e sopra dallo stesso lato
	2677	"	
2	0	0	(A) Si rompe per taglio evidenziando un difetto di saldatura (Fig. 7)
	250	3	
	1250	21	
	1750	35	
	2250	56	
3	0	0	Rottura fragile del cls.
	250	3	
	750	8	
	1250	19	
	1750	31	
	2250	50	
	2459	"	

Tab. 2. Prove di rottura. Valori sperimentali I° serie di prototipi (calcestruzzo classe 300)

Valori sperimentali			
N° prot.	Carico P (sulla Cella) daN	Freccia mm	Note
4	0	0	1^ Fessura (Fig. xx)
	250	1	
	1000	6	
	1250	10	
	1850	16	
	2250	24	Si rompono gli appoggi
	2750	35	
	3250	44	
	3425		
5	0	0	Si rompe ad un appoggio
	250	1	
	750	11	
	1250	14,5	
	1750	19,5	
	2250	29,5	
	2750	36,5	
	3274		
6	0	0	Rottura fragile del cls.
	250	3	
	750	9	
	1250	20	
	1750	29	
	2250	45	
	2818	"	

Tab. 3. Prove di rottura. Valori sperimentali II° serie di prototipi (calcestruzzo classe 400)

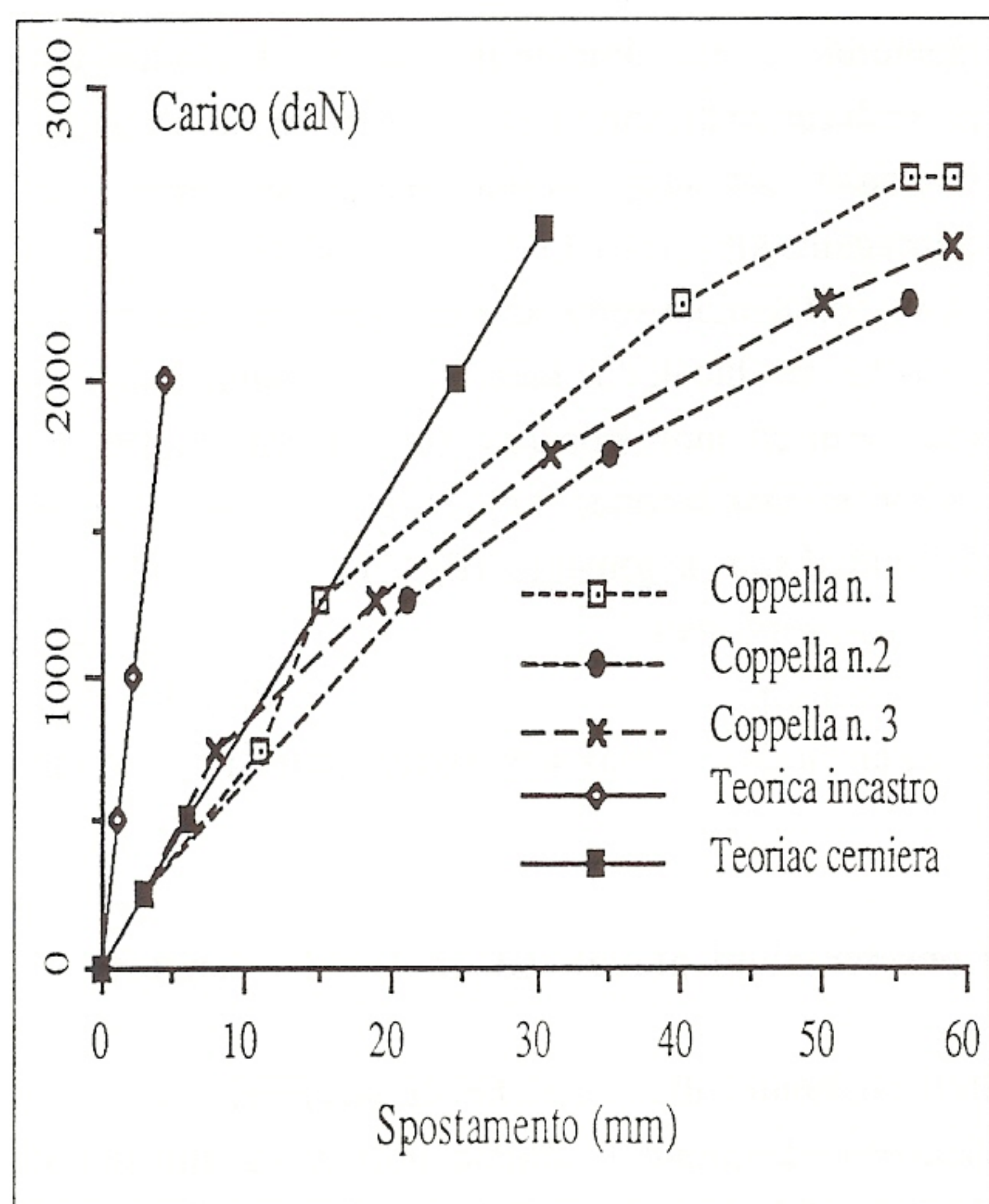


Fig. 3. Diagrammi di comparazione fra i risultati delle prove di rottura ed i valori teorici calcolati (I° serie di prototipi, calcestruzzo classe 300).

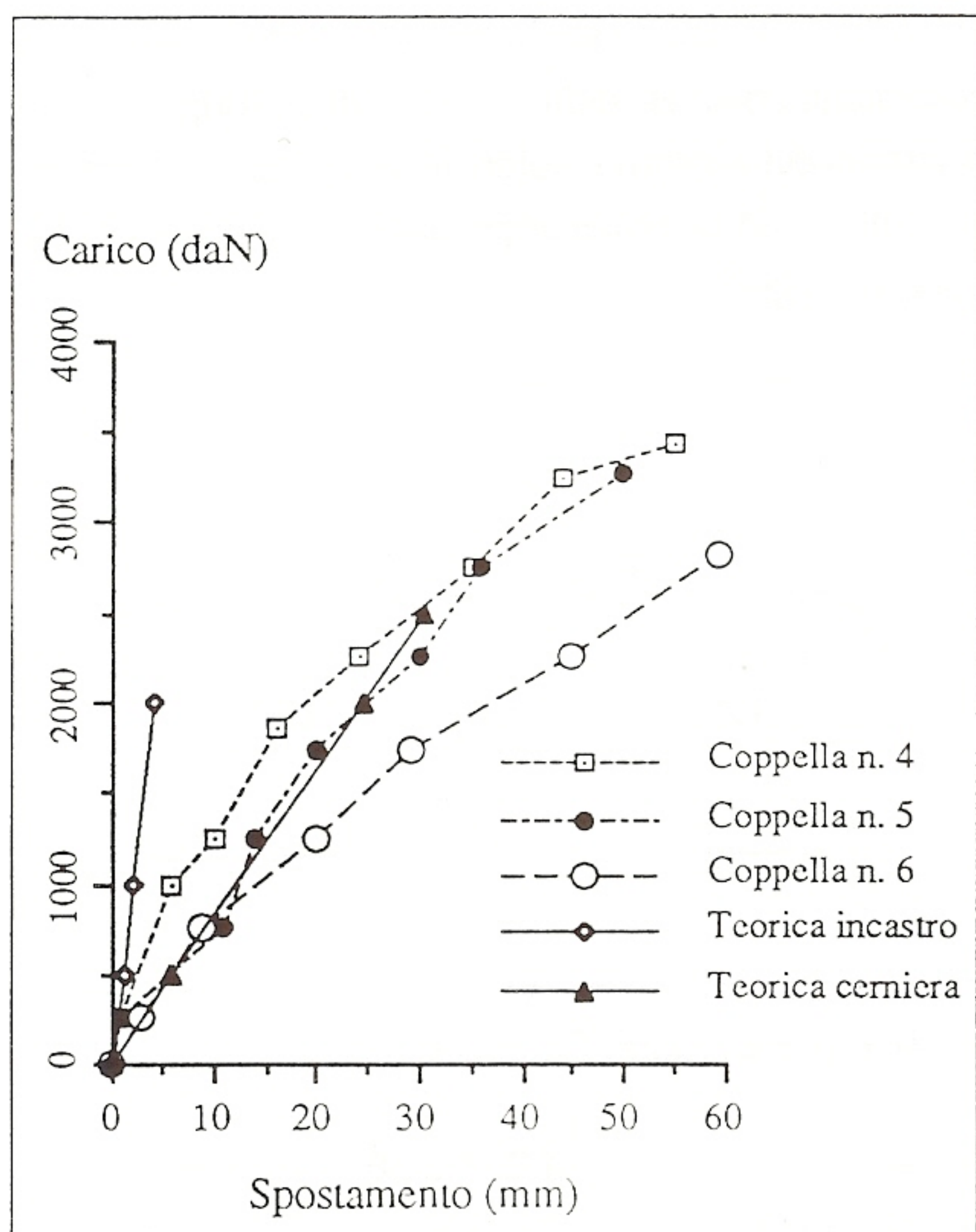


Fig. 4. Diagrammi di comparazione fra i risultati delle prove di rottura ed i valori teorici calcolati (II° serie di prototipi, calcestruzzo classe 400).

In mancanza di un campione significativo per la determinazione della resistenza caratteristica a 28 giorni del calcestruzzo delle coppelle destinate alle prove di carico di breve durata, è stata condotta una preliminare indagine sclerometrica sui conglomerati cementizi, induriti a due mesi di maturazione, appartenenti ai manufatti destinati al primo ciclo sperimentale. Questi calcestruzzi, prodotti e direttamente impiegati per la formazione dei sei manufatti utilizzati congiuntamente anche per l'indagine sclerometrica attuata, posteriormente al ciclo produttivo del calcestruzzo, mediante misure dell'indice di rimbalzo effettuate sulle superfici esterne di ogni prototipo, sono stati caratterizzati qualitativamente mediante l'attribuzione di una classe di resistenza. I risultati delle prove sclerometriche, valutati nella loro globalità, sono stati espressi in termini di appartenenza alle rispettive classi di resistenza del calcestruzzo impiegato nella formazione dei singoli prototipi secondo i limiti di classe indicati nelle Istruzioni CNR (7 classi di resistenza). Con riferimento al criterio adottato, tenuto conto dei valori dell'indice di rimbalzo ottenuti, il calcestruzzo dei prototipi n. 1, 2, 3 e 6 è rientrato nella classe di resistenza 300 (30 MPa) mentre per i restanti campioni n. 4 e 5 la classe dei conglomerati è risultata essere la 400 (40 MPa). Passando ora all'esame delle esigenze di utilizzazione degli elementi prodotti secondo le indicazioni della attuale normativa che detta limitazioni sia ai valori delle frecce istantanee che ai valori delle frecce a tempo infinito, si è ritenuto più significativo, al fine di esaltare gli effetti dei carichi a tempo differito, procedere, nella seconda fase della sperimentazione, con l'attuazione di prove di carico di lunga durata su una serie di tre coppelle identiche ai prototipi n. 1, 2, e 3, caratterizzate, rispetto alla altra serie di prototipi, da una minor rigidezza flessionale EI e da una minor classe di resistenza del calcestruzzo componente gli stessi elementi. (30 MPa). Relativamente alla quantificazione della totalità delle azioni variabili Q opportunamente ridotte da introdurre (si veda punto 7.3.2. D.M. 14/02/92: freccia a tempo infinito dovuta alle azioni permanenti G ed ad $1/3$ di tutte quelle variabili Q_{ik} $f_{\infty} < 1/500$) come forza equivalente nelle prove di carico di lunga durata si è adottato il criterio di simulare totalmente gli effetti di un carico di neve da 60 daN/mq oltre a quelli prodotti da un

sovraccarico di 20 daN/mq delle lastre in fibrocemento utilizzate realmente in copertura come elemento di evacuazione dell' acqua pluviale. L' intensità risultante della forza di riferimento, necessaria per simulare l' azione dei carichi variabili di lunga durata ottenuti nella fase sperimentale per zavorramento, è stata di 775 daN , approssimativamente coincidente con i sovraccarichi distribuiti (neve+fibrocemento) ipotizzati.

L' andamento risultante della variazione della freccia nel tempo, prodotto con l' applicazione di un carico costante agente ininterrottamente per 270 giorni su tre coppelle della prima serie di produzione, è indicato in tab. 4 e

Tempo giorni	Coppella A mm	Coppella B mm	Coppella C mm
0	0	0	0
1	12,8	18,0	7,5
4	16,5	21,5	9,5
5	17,0	22,0	10,0
10	20,0	25,0	11,5
17	26,0	29,0	16,0
45	32,0	32,0	20,0
55	35,5	38,0	27,0
270	41,5	44,0	34,0

Tab. 4. Prove di carico di lunga durata. Variazione delle frecce medie in mezzeria

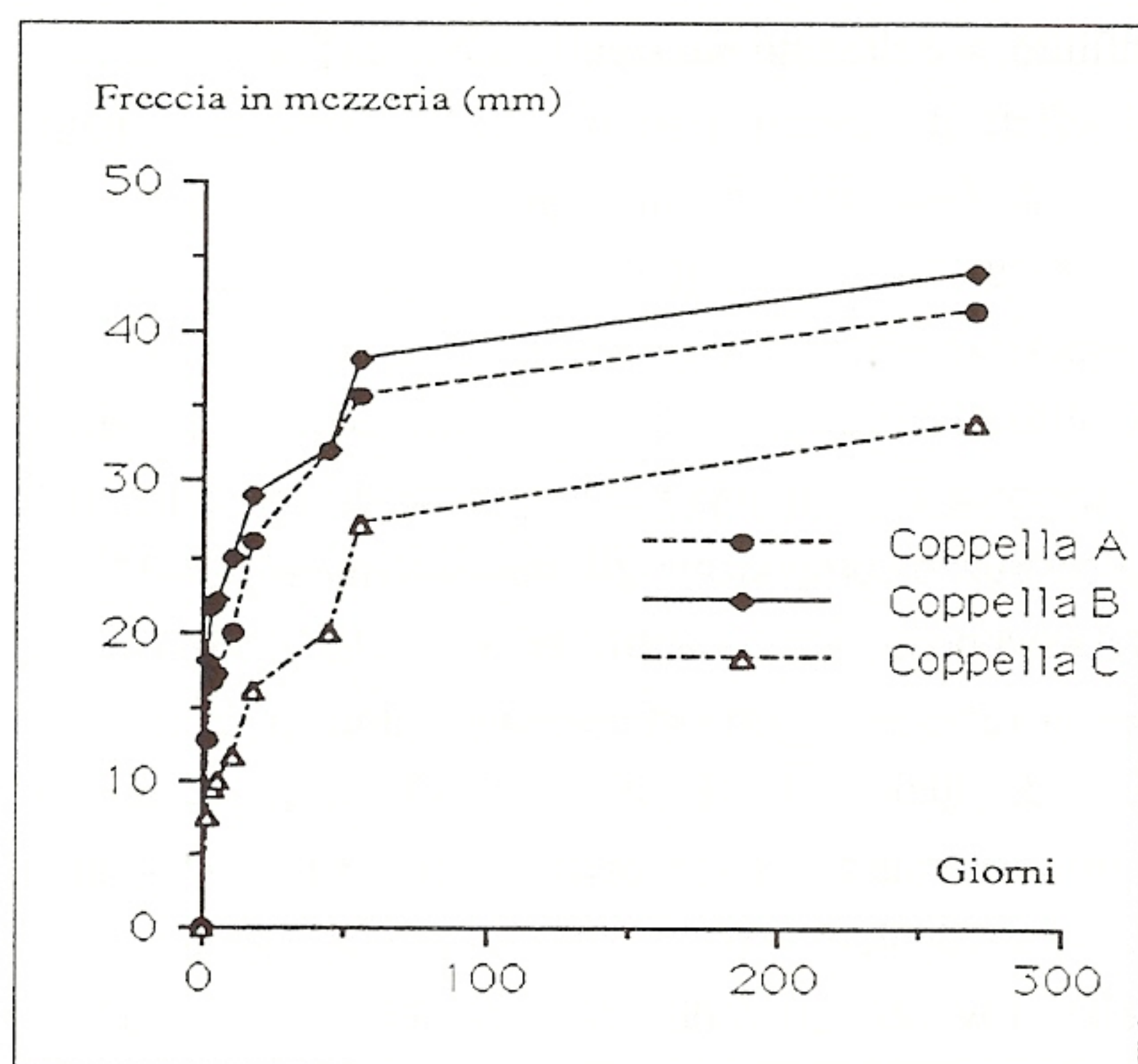


Fig. 5. I° serie di prototipi. Diagrammi delle frecce degli elementi sottoposti a carichi di lunga durata

rappresentato graficamente in fig. 5. I risultati delle prove di carico di lunga durata si riferiscono a manufatti stagionati con tempo di maturazione del calcestruzzo, antecedente alla prova, di due mesi. Nella fase finale del ciclo sperimentale sono state condotte, su frammenti di coppelle vecchie di due mesi e su frammenti di coppelle vecchie di un anno, misure della distanza del fronte di carbonatazione secondo il più recente progetto di norma AFNORM sull' argomento (fig. 11).

I risultati sono stati:

a) a due mesi $d_c = 3-5 \text{ mm}$

b) ad un anno $d_{\max} = 8-10 \text{ mm}$ $d_{\text{medio}} = 5-6 \text{ mm}$

Considerazioni globali ed analisi dei risultati

Relativamente alle verifiche di sicurezza riferite ad elementi campione l' attuale normativa ministeriale prescrive: "il minimo valore del coefficiente di sicurezza rispetto alla resistenza sperimentale a rottura non deve essere inferiore a 2 per carichi di breve durata mentre il valore medio del coefficiente di sicurezza non deve essere inferiore a 2,3 sempre per carichi di breve durata"; con tale disposizione applicata alle coppelle collassate, considerati i risultati delle due serie di prototipi espressi in termini dei rispettivi valori medi del carico di rottura e tenuto conto in prima approssimazione dello schema statico di fig. 6, si ha:

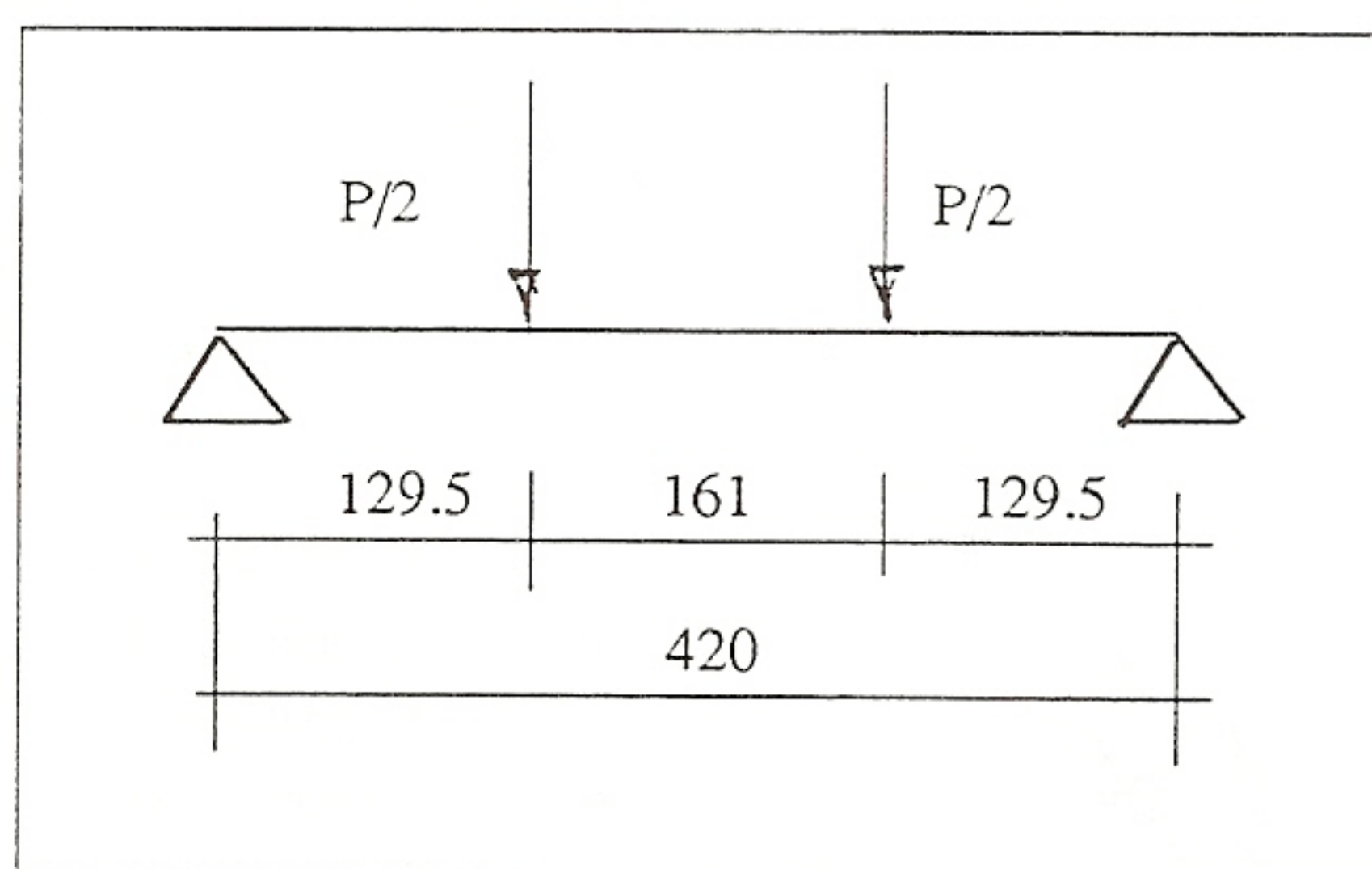


Fig. 6. Prove a rottura. Schema statico

- area $4,20 \cdot 2,50 = 10,50 \text{ mq}$
- peso proprio 100 daN/mq (250 daN/ml)
- fibrocementi 20 daN/mq (50 daN/ml)
- carichi permanenti 120 daN/mq (300 daN/ml)
- sovraccarichi (neve) 60 daN/mq (150 daN/ml)

in Esercizio : $250 + 50 + 150 = 450 \text{ daN/ml}$

$$M_{ES} = (1/8) 450 * 4,2^2 = 986 \text{ daNm}$$

(valore identico per le due serie di prototipi)

a Rottura : peso proprio + $P_{rott} / 2$

$$M_{rott} \text{ (prototipi I° serie)} = (1/8) * 250 * 4,2^2 + 1231 * 1,3 = 545 + 1600 = 2145 \text{ daNm}$$

$$M_{rott} \text{ (prototipi II° serie)} = (1/8) * 250 * 4,2^2 + 1675 * 1,3 = 545 + 2178 = 2723 \text{ daNm}$$

quindi le due serie di prototipi sono caratterizzate rispettivamente da un rapporto:

$$\gamma \text{ (I° serie)} = M_{rott} \text{ (I° serie)} / M_{cs} = 2145 / 986 = 2,18$$

$$\gamma \text{ (II° serie)} = M_{rott} \text{ (II° serie)} / M_{cs} = 2723 / 986 = 2,76$$

risulta che solo la seconda serie di coppelle ha raggiunto un coefficiente di sicurezza soddisfacente la vigente normativa per azioni dei carichi da neve da 60 daN/mq.

Con carichi da neve di 90 daN/mq agenti su prototipi della seconda serie si otterrebbe:

In Esercizio: $250 + 50 + 225 = 525 \text{ daN/ml}$

$$M_{cs} = (1/8) 525 * 4,2^2 = 1148 \text{ daNm}$$

quindi risulta ancora un coefficiente di sicurezza:

$$\gamma = M_{rott} / M_{cs} = 2723 / 1148 = 2,37$$

il cui valore è superiore al limite imposto dalla normativa per il calcolo a rottura.

Dai dati esposti si rileva: la prima serie di coppelle dà valori medi a rottura pari a 2462 daN con frecce di circa 5 cm. Il calcestruzzo è di classe 300 (a due mesi di maturazione corrispondente a una classe 150 a 7 giorni). In queste condizioni non meraviglia che le coppelle risultino fessurate (durante la fase tecnologica) e che la carbonatazione sia così elevata. In pratica già dopo un

anno, con i limitati spessori dei copriferri esistenti, il ferro di armatura non è più passivato dalla alcalinità del calcestruzzo e può corrodersi. A seconda dell'ambiente si avrà una diversa velocità di corrosione (da 50 μm in ambiente normale ad 1 mm/anno in ambiente marino). Occorre quindi prevenire il fenomeno proteggendo idoneamente le armature. Senza protettivi in ambiente normale non è possibile per le coppelle della prima serie avere una "vita" di oltre 20 anni ($20 * 50 = 1000 \mu\text{m}$ corrispondente ad una variazione del diametro delle armature di 2 mm; sulla I° serie di manufatti considerata il $\Phi 8$ di armatura inferiore diventa un $\Phi 6$ dimezzando circa le sezioni le coppelle cedono sotto carico di esercizio). Le norme italiane non danno indicazioni al riguardo. I prototipi della seconda serie, modificati nel contenuto di armatura e nella qualità del calcestruzzo, hanno le stesse caratteristiche di scarsa durabilità (pur non fessurandosi). Occorre quindi prevedere una verniciatura del manufatto con vernice acrilica che inter dica la carbonatazione, o in alternativa prevedere nel futuro l'utilizzo di armature in acciaio resistente alla corrosione e tali da non generare lo "spally". Si ritiene che l'interesse e l'attualità della presente fase della linea di ricerca condotta possa essere di ausilio a quei prefabbricatori sensibili all'evolversi del processo tecnologico.

Bibliografia

- (1) Lewicki B. - Batiments d'habitation prefabriques en elements de grandes dimensions. Ed. Eyrolles, Paris, 1965
- (2) AA. VV. - ICES-STRUDL Users Manual. Ed. EUROCOPI, Ispra, 1976
- (3) CNR 10025/84 - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione e il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati. B. U. n. 107, Roma, 1985
- (4) D. M. 14 febbraio 1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche., G.U. n. 65 Roma, 18/3/1992

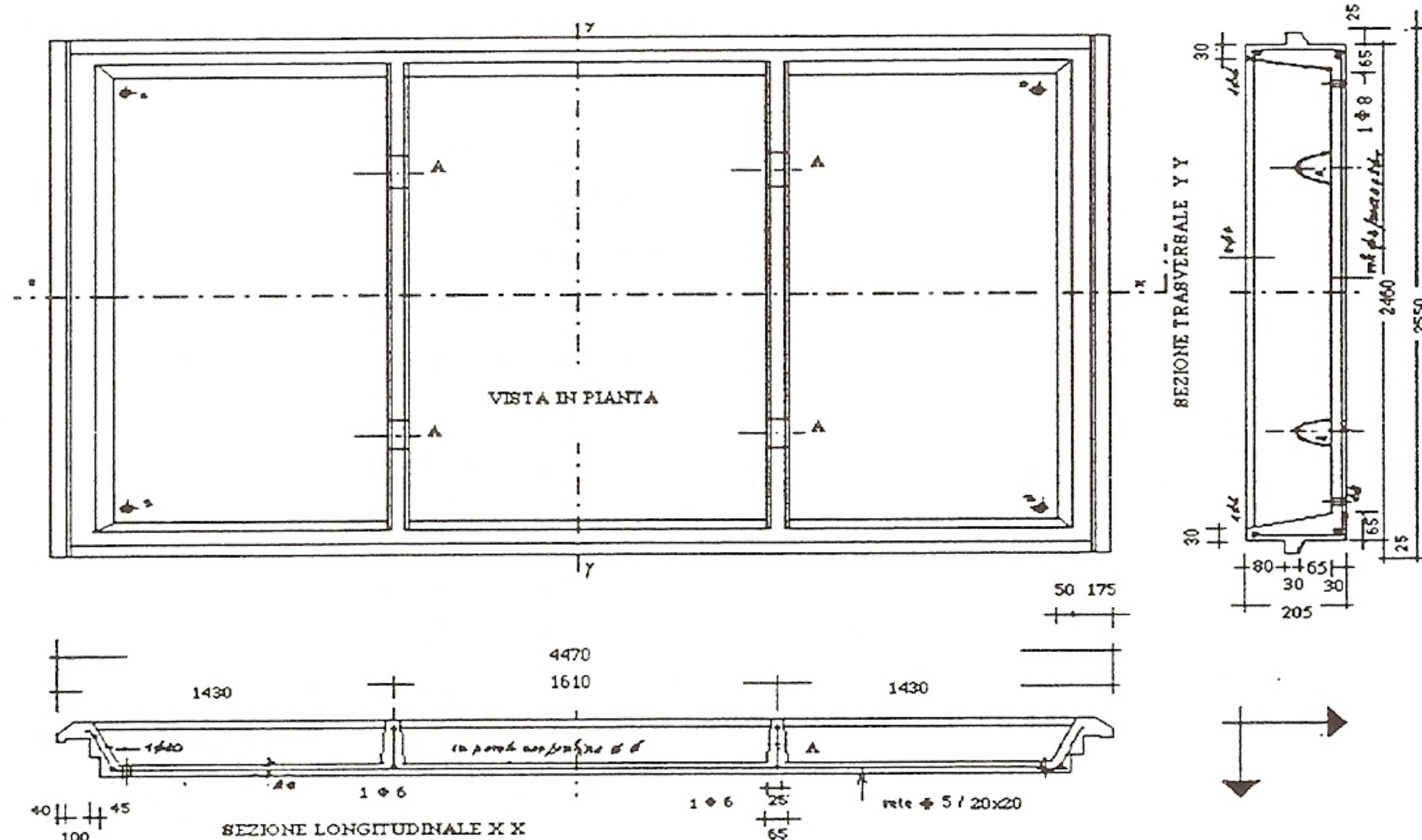


Fig. 1. Schema generale della coppella tipo

```

*****
STRUDL '091086' 'IPOTESI A GRATICCIO PER COPPELLE DECO'
*****
ICES STRUDL-II
THE STRUCTURAL DESIGN LANGUAGE
IUC VERSION U3M1, MAY 1977
SIZE OF POOL 8K BYTES
14147:54 10/09/86
*****
TYPE PLANE GRID XY
UNITS METERS KILOGRAMS
JOINT COORDINATES
1 2.50 0.0 S
2 2.50 1.43
3 2.50 3.04
4 2.50 4.47 S
5 0.00 4.47 S
6 0.00 3.04
7 0.00 1.43
8 0.00 0.00 S
MEMBER INCIDENCES
1 8 1
2 7 2
3 6 3
4 5 4
5 1 2
6 2 3
7 3 4
8 6 5
9 7 6
10 8 7
UNITS CENTIMETERS KILOG
CONSTANTS E 300000 ALL
CONSTANTS G 125000 ALL
CONSTANTS POISSON 0.2 ALL
MEMBER PROP PRI
1 IX 1950. IY 1800.
2 IX 1950. IY 1800.
3 IX 1950. IY 1800.
4 IX 1950. IY 1800.
5 IX 1950. IY 1800.
6 IX 1950. IY 1800.
7 IX 1950. IY 1800.
8 IX 1950. IY 1800.
9 IX 1950. IY 1800.
10 IX 1950. IY 1800.
UNITS METERS KILOG
LOADING 1 'CARICHI CONCENTRATI'
MEMBER 2 LOAD FORCE Z GLOBAL COM P -500. L 1.25
MEMBER 2 LOAD FORCE Z GLOBAL COM P -500. L 1.35
MEMBER 3 LOAD FORCE Z GLOBAL COM P -500. L 1.250

```

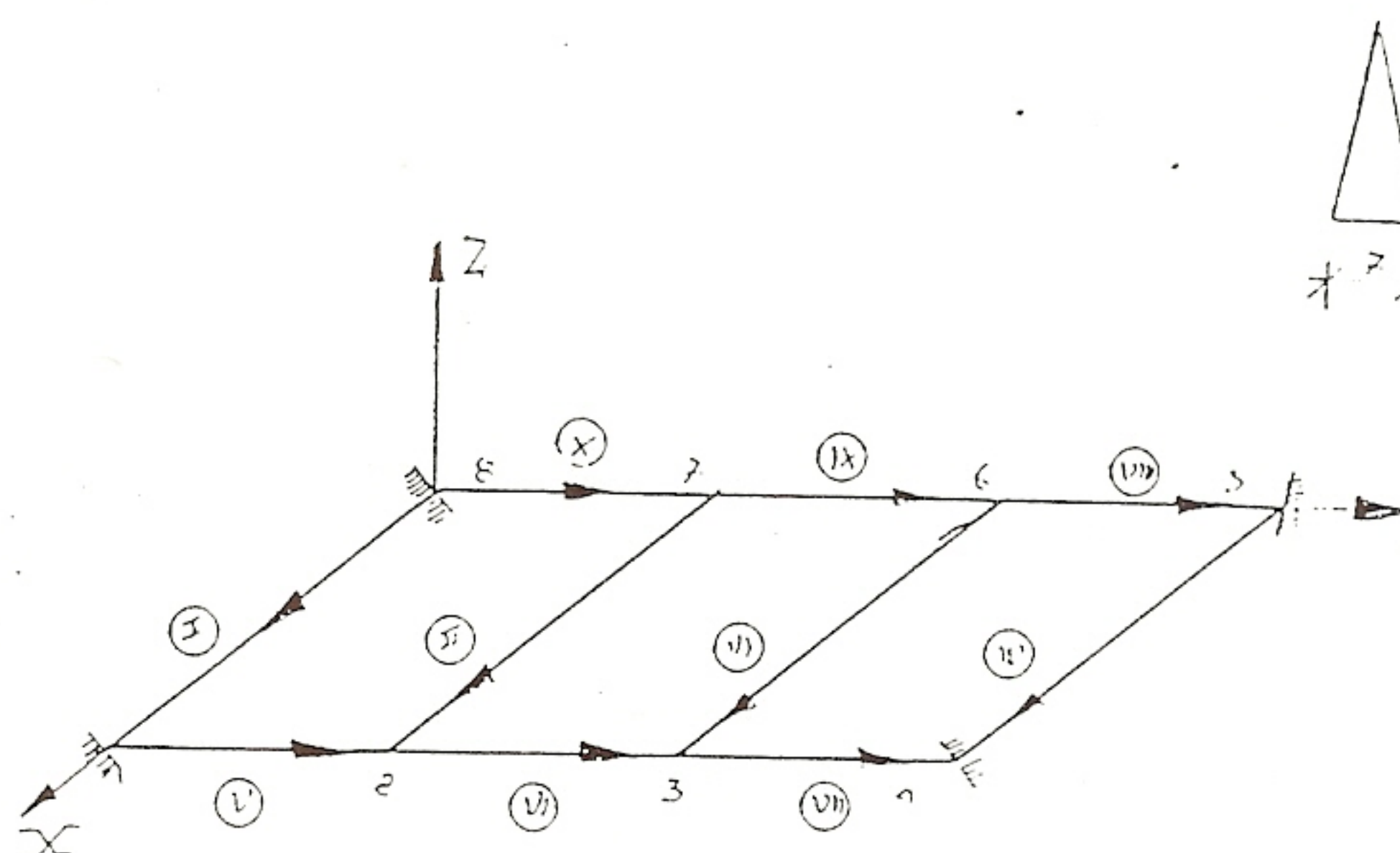


Fig. 7. Modello teorico. Schematizzazione a graticcio

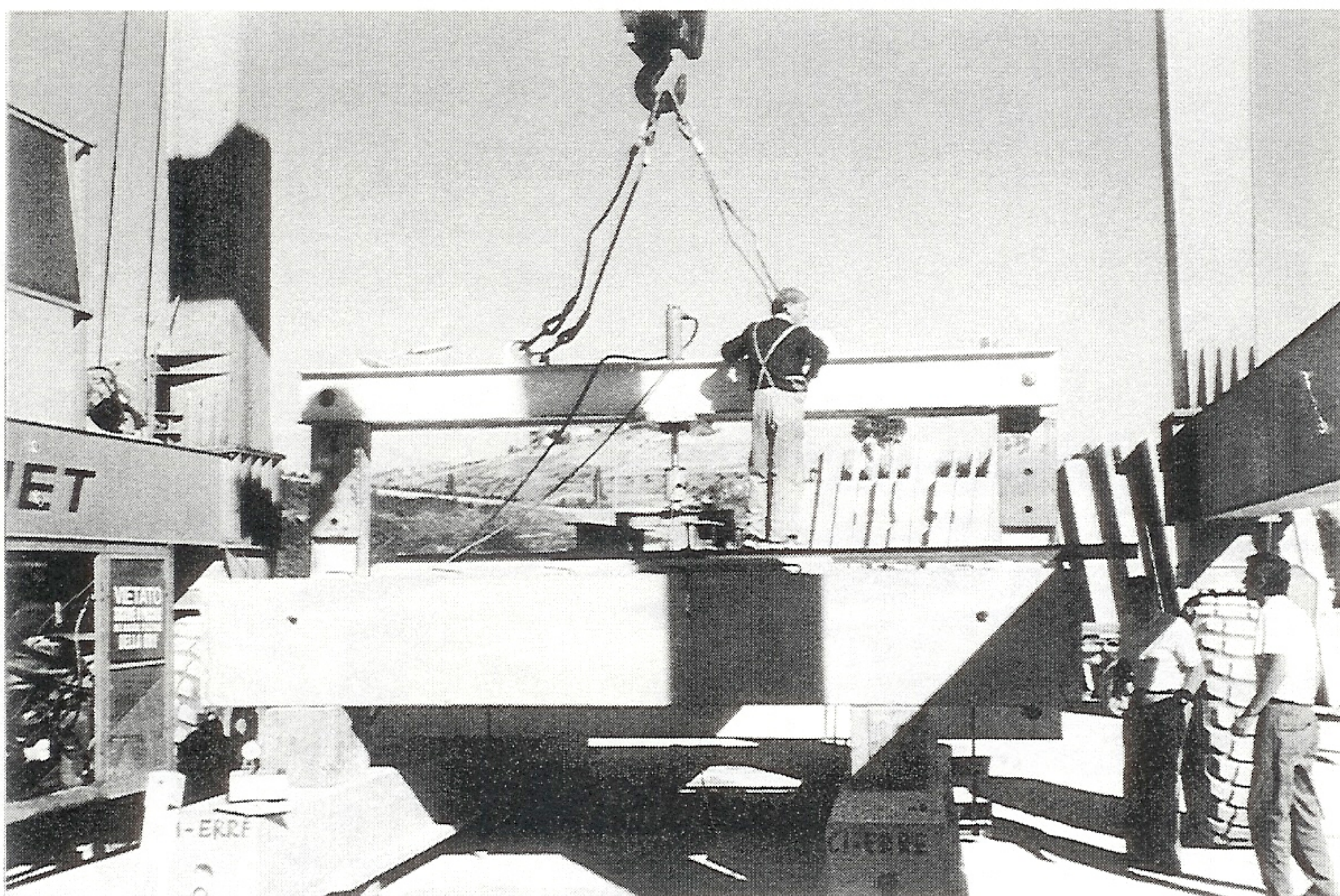


Fig. 8. Sistema di caricamento degli elementi

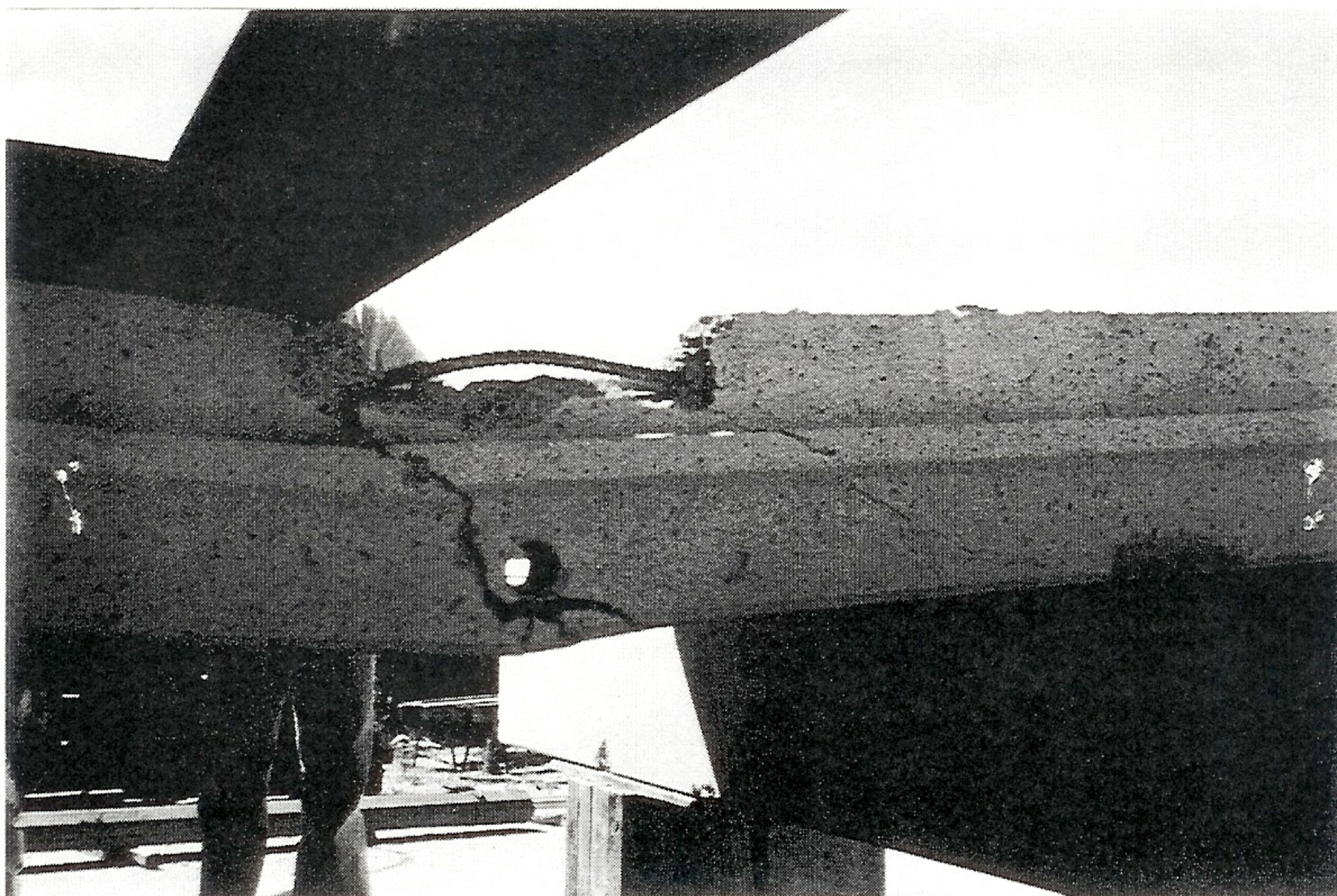


Fig.9. Rottura tipo

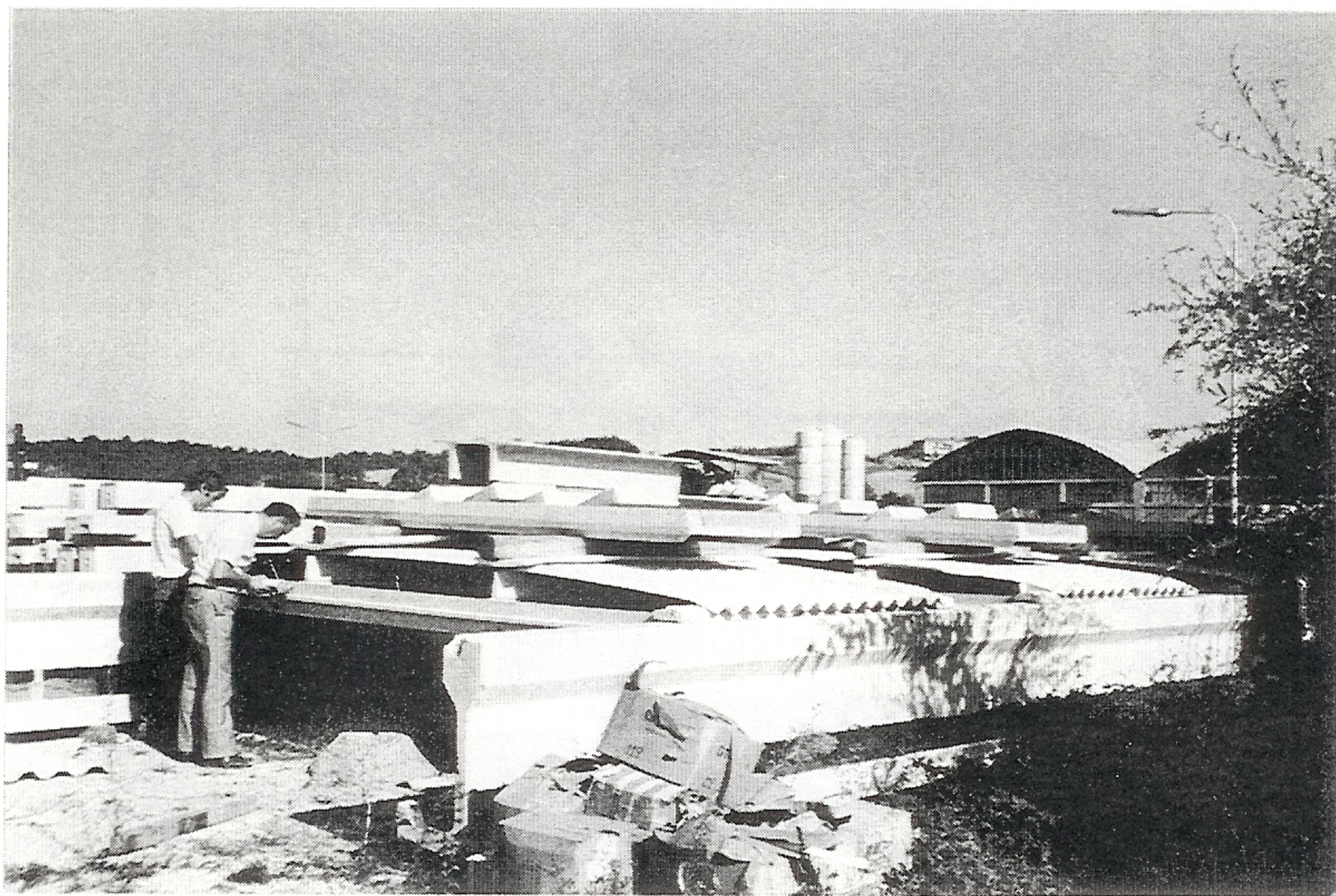


Fig. 10. Prova di rifluimento sotto carico.- Verifica sclerometrica.

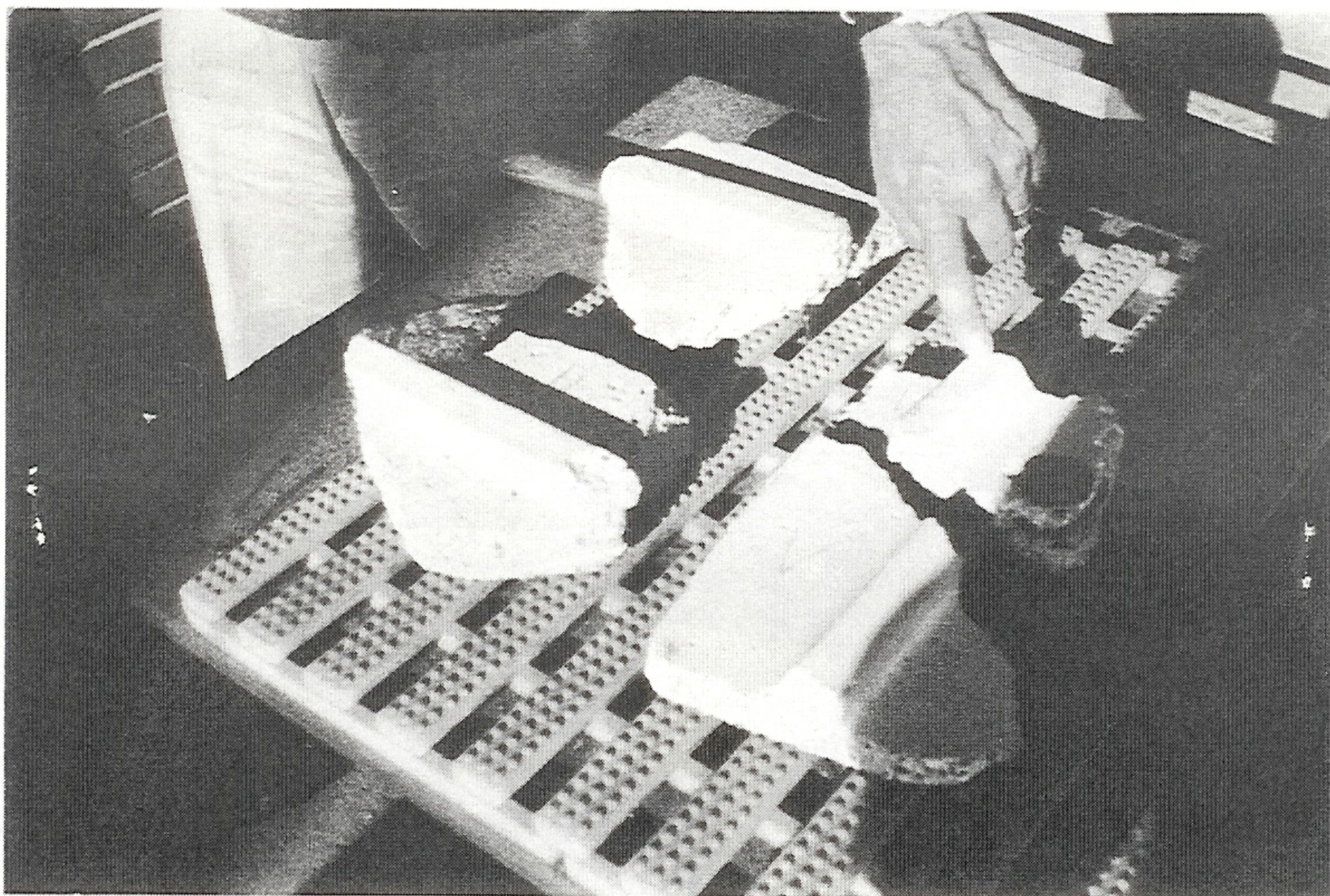


Fig.11. Frammenti per verifica di carbonatazione